

## 明 細 書

## 熱処理用縦型ボート及びその製造方法

## 技術分野

- [0001] 本発明は、半導体ウエーハ等の熱処理用縦型ボートに関し、特にシリコンウエーハを熱処理する際に好適な熱処理用縦型ボート及びその製造方法に関する。

## 背景技術

- [0002] シリコン単結晶等の半導体インゴットから切り出したウエーハを用いてデバイスを作製する場合、ウエーハの加工プロセスから素子の形成プロセスまで多数の工程が介在する。それらの工程の一つに熱処理工程がある。この熱処理工程は、ウエーハの表層における無欠陥層の形成、ゲッタリング、結晶化、酸化膜形成、不純物拡散等を目的として行われる非常に重要なプロセスである。
- [0003] このようなウエーハの熱処理工程、例えば、酸化や不純物拡散に用いられる拡散炉(酸化・拡散装置)としては、ウエーハの大口径化に伴い、図8に示すような多数のウエーハWを所定の間隔をあけて水平に支持した状態で熱処理を行う縦型の熱処理炉20が主に用いられている。熱処理炉20内のウエーハWは、反応室22の周囲に設けられたヒータ24によって加熱することができる。熱処理中は、反応室22にはガス導入管26を介してガスが導入され、上方から下方に向かって流れてガス排気管28から外部に排出される。なお、使用するガスは熱処理の目的によって異なるが、主として $H_2$ 、 $N_2$ 、 $O_2$ 、Ar等が用いられる。不純物拡散の場合には、これらのガスを不純物化合物ガスのキャリアガスとしても使用する。
- [0004] このような縦型熱処理炉20を用いてウエーハWを熱処理する際には、多数のウエーハWを水平にセットするための熱処理用縦型ボート11(以下、「熱処理用ボート」、「縦型ボート」、或いは単に「ボート」という場合がある。)が用いられる。

図9(a)は一般的な熱処理用ボート11の概略を示している。4本の棒状(円柱状)の支柱(ロッド)14の両端部に一对の板材(天板16a、底板16b)が連結されている。各支柱14には多数のスリット(溝)15が形成され、各スリット15間の凸部がウエーハW

の支持部12として作用する。なお、このように円柱状の支柱14に多数の溝15を形成した熱処理用ボートは、一般的にショートフィンガータイプと呼ばれている。

[0005] このようなタイプの熱処理用縦型ボート11を用いてウエーハWを熱処理する際には、図9(b)に示されるように、各支柱14の同じ高さに形成されている支持部12によりウエーハWの外周部が4ヶ所支持されてウエーハWが水平に支持されることになる。

上記のようにウエーハWの周縁部を支持した場合、ウエーハWの自重が支持部に集中するため、これにより生ずる応力が常に作用している。そして、この応力が臨界剪断応力を越えると、ウエーハ内に転位が発生する。この転位は応力の作用により巨視的な大きさにまで広がり、スリップとなる。スリップの発生はウエーハの品質を大きく低下させるため、これを防ぐことが重要である。

[0006] しかし、一般に高温雰囲気下ではウエーハにスリップが、著しく発生し易くなる。特に、半導体デバイスの高集積化に伴いウエーハ一枚当たりのデバイス収率を上げるために、ウエーハの大直径化が進んでいる。その結果、ウエーハの自重が大きくなり、それに伴いウエーハに作用する応力が増大する傾向にあり、ウエーハ中にスリップがより発生し易くなってきている。

また、ウエーハのサイズが大きくなることに起因して、特に昇温時におけるウエーハ中心部と周縁部との温度差が大きくなる傾向にあり、この温度差により生じる熱応力も上記スリップ発生の原因の一つとなっている。

[0007] このような熱処理時のスリップの発生を防止する手段として、リング状又は円弧状の補助治具を用いることが提案されている(特開平6-260438号公報参照)。具体的には、各支柱の支持部上に載せたリング状又は円弧状の補助治具を介してウエーハの下面周縁部を数mmから数十mmの幅で、全周または一部で支持する。また、ウエーハを裏面全面で支持する方法等も提案されている。これらの方法を用いれば、ウエーハを支持する面(支持面)が大きくなり、荷重等が分散されるため、スリップの発生を抑制する効果が得られる。

[0008] しかし、最近では、半導体デバイスの高集積化に伴い、スリップのほか、ウエーハの裏面に発生するキズも重要視されている。これは、ピンチャック方式のステッパーを用いる場合、ピンチャックのピンの上にウエーハの裏面キズが乗ったときに、デフォーカス

が起こることが懸念されているためである。そのため、ウェーハを裏面全面で支持するタイプよりも、周縁部で支持するタイプの熱処理用ボートや補助治具が注目されている。

[0009] ウェーハを周縁部で支持して熱処理を行う場合、下面の全周に沿って支持するのが理想的である。しかし、一般の熱処理炉では、ウェーハは図10(a)に示されるようなウェーハの裏面をすくい上げる方式の治具31や図10(b)に示されるようなウェーハの裏面を吸着する方式の治具32を用いて搬送するため、ウェーハをリング状等の補助治具に移載するとき、これらの搬送治具がリングと干渉しないよう、図11(a)のようなリングの一部に切り欠きを設けた円弧状補助治具37や、図11(b)のような段差39を設けたリング状補助治具38が用いられる。

[0010] 上記のような円弧状補助治具37は、比較的薄く、ボートの溝ピッチをそれほど広げる必要がないため、バッチ熱処理枚数を増やせるというメリットがある。しかし、面精度を保つのが難しく、切り欠き部の両端の高さが異なると、スリップが発生してしまうおそれがある。

また、段差のある補助治具38の場合は、比較的高い面精度で作製でき、スリップ低減には有利であるが、段差39がある分、治具38が厚くなるため、ボートの溝ピッチも広がってしまい、バッチ熱処理枚数が減少してしまう。

[0011] さらに、これらの補助治具37、38は、円形板状の部材をくり貫いて作製するため手間がかかり、非常に高価であり、バッチ式熱処理用に補助治具数十枚と縦型ボートを一式準備すると、図9に示したようなウェーハを直接支持する通常の縦型ボートと比べ、コストが非常に高くなってしまう。

[0012] 一方、ボート本体となる1本の円筒に円弧状の支持部を一体的に形成した熱処理用ボートも提案されている(特開平5-129214号公報参照)。この熱処理用ボートは、SiCなどからなる円筒に対し、垂直方向(軸方向)に搬送治具通過用と雰囲気ガス通気用の開口部(切り欠き部)を形成した後、水平方向に、ウェーハを挿入し、下面周縁部を支持するための横溝を円筒の内側まで形成したものである。このようなボートであれば、前記したような円弧状補助治具等を用いずにウェーハを下面周縁部に沿って支持することができる。

[0013]   ところが、上記のように1本の円筒に縦横の溝を形成したボートでは、円筒に最初に搬送治具通過用と雰囲気ガス通気用の幅の広い切り欠き部を複数形成する必要がある、円筒にこれらの切り欠き部を形成するのは面倒であり、また、1ヶ所でも欠けや割れが生じた場合には円筒全体が無駄になるなど作製歩留りが低く、結果的に製造コストが高くなるという問題がある。

また、切り欠き部を多数設けると、ウェーハにスリップが発生し易いという問題もある。

### 発明の開示

[0014]   このような問題に鑑み、本発明は、熱処理中のウェーハ等にスリップが発生するのを効果的に防ぐことができ、かつ、材料コストが低く、かつ比較的容易に製造することができる熱処理用縦型ボートを提供することを目的とする。

[0015]   上記目的を達成するため、本発明によれば、天板と、底板と、該天板と底板の間に固定された支柱部材とを有し、該支柱部材に複数の溝が形成され、各溝間にウェーハ状の被処理体を水平に支持するための支持部が形成されている熱処理用縦型ボートであって、前記支柱部材として、円弧状の横断面を有し、前記溝が形成されることで内側に円弧状の支持部が一体的に形成されている支柱部材が2本以上円筒状に配置されており、前記ウェーハ状の被処理体が、前記支柱部材の溝から挿入されて円弧状の各支持部により下面周縁部に沿って支持されるものであることを特徴とする熱処理用縦型ボートが提供される。

[0016]   このように溝が形成されることで内側に円弧状の支持部が一体的に形成されている支柱部材を2本以上円筒状に配置された熱処理用縦型ボートとすれば、補助治具を別途用いることなく、ウェーハ状の被処理体の下面周縁部に沿って支持することができる。従って、この熱処理用ボートを用いて半導体ウェーハ等の熱処理を行えば、スリップの発生を効果的に防止することができる。

さらに、各支柱部材となる材料は円筒のものに比べ少なく済み、各支柱部材間に所定の間隔を設けておけば搬送治具通過用の切り欠き部をわざわざ形成する必要もないので、作製歩留りも高く、製造コストが低くなって、安価なものとなる。

[0017] 前記支柱部材として、中心角が $60^{\circ}$ 以上 $170^{\circ}$ 以下の円弧状の支持部が形成されている2本の支柱部材が対向配置されているものとすることができる。

このように支持部の中心角が比較的大きい2本の支柱部材を対向配置したものとすれば、支柱部材間には、搬送治具の通過と雰囲気ガスの通気のための開口部(切り欠き部)が確保され、ウェーハ等の被処理体の搬送が容易となり、また、均一な熱処理を行うことができる。さらに、例えば2本の対称的な支柱部材を使用したり、全く同じ形のものを対向配置することもできるため、製造コストもより低く抑えられ、一層安価なものとなる。

[0018] 前記支柱部材として、中心角が $20^{\circ}$ 以上 $100^{\circ}$ 以下の円弧状の支持部が形成されている3本以上の支柱部材が配置されているものとすることができる。

このように支持部の中心角が比較的小さい支柱部材を3本以上配置したものとすれば、例えば各支柱部材間に雰囲気ガス通気のための切り欠き部を必要に応じて任意に確保でき、均一な熱処理を行うことができるものとなるし、各支柱部材も同形のものとしてより一層製造コストの低減をはかることも可能である。

[0019] 前記支柱部材に、前記各溝と同じ高さにそれぞれ通気口が設けられているものとしてもよい。

各支柱部材との間とは別に支柱部材自体に通気口、特に各溝に対応した通気口が確保されていれば、雰囲気ガスがボート内外により通過し易くなり、被処理体を均一に熱処理することができるものとなる。また、各溝と同じ高さに通気口が形成されているものの、各支柱部材の支持部は断絶していないため、切り欠き部は少なく、スリップの発生をより効果的に抑制することができる。

[0020] 前記熱処理用縦型ボートは、シリコンウェーハの熱処理用のものとすることができる。

シリコンウェーハの熱処理には縦型ボートが多く使用されており、スリップの発生防止に本発明による構成のボートが特に有効であり、また、ボート自体安価であるため、ウェーハの製造コストの低下にもつなげることができる。

[0021] 前記支持部の支持面の縁部が、面取りされていることが好ましい。

このようにウェーハ等の被処理体と接する支持面の縁部を面取りしておけば、スリップ

ブやキズの発生をより確実に防ぐことができる。

- [0022] また、前記支持部の支持面が、内側に向けて下方に傾斜しているものとしても良い。

このように支持面が傾斜していれば、ウエーハ等の外周端付近を支持することになり、裏面のキズ等の発生をより効果的に防ぐことができる。

- [0023] さらに本発明によれば、天板と、底板と、該天板と底板の間に固定された支柱部材とを有し、ウエーハ状の被処理体を水平に支持するための熱処理用縦型ボートを製造する方法において、円弧状の横断面を有し、前記被処理体の半径よりも外周半径が大きく、かつ内周半径が小さい支柱部材を作製する工程と、該支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、各支柱部材に対し溝を形成するとともに内側に前記被処理体を下面周縁部に沿って支持するための円弧状の支持部を形成する工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法も提供される。

このような方法によれば、本発明に係る熱処理用縦型ボートを効率的に製造することができ、製造コストを低く抑えることができる。

- [0024] より具体的には、前記した本発明に係る熱処理用縦型ボートを製造する方法であって、前記円弧状の横断面を有する支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、前記支柱部材に対し、前記被処理体を挿入すべき方向から切削して前記溝を形成するとともに内側に前記円弧状の支持部を形成する工程と、前記支柱部材に対し、他の方向からも同じ高さから切削して貫通させる工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法が提供される。

このような方法によれば、2本の支柱部材が対向配置され、各支柱部材に円弧状の支持部が一体的に形成された熱処理用縦型ボートを効率的に製造することができ、製造コストをより低く抑えることができる。

- [0025] また、他の方法として、前記円弧状の横断面を有し、外側には梁が形成されている支柱部材を作製する工程と、該支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、各支柱部材に対し、半径が前記支柱部材の内周半径よりも大きく、かつ前記梁となる部分の外周半径よりも小さい円周刃を用い、前記

被処理体を挿入すべき方向から切削して溝を形成するとともに内側に前記円弧状の支持部を形成し、さらに前記梁以外の部分を貫通させる工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法が提供される。

- [0026] このような方法によれば、円周刃により、ウエーハを挿入するための溝、ウエーハの周辺部を支持するための支持部、さらに雰囲気ガスの通気等を確保するための貫通孔等を1度に形成することができ、製造コストを一層低く抑えることができる。
- [0027] 本発明の熱処理用縦型ボートは、円弧状の横断面を有し、内側に円弧状の支持部が一体的に形成されている支柱部材を円筒状に2本以上配置して構成されている。このような熱処理用ボートであれば、円弧状またはリング状補助治具を別途用意する必要がなく、ウエーハ周縁部に沿って広い領域で支持することができ、その上、少ない材料で比較的容易に製造することができるので、安価なものとなる。
- [0028] また、溝の間隔、支持部の厚さは、一般的なショートフィンガータイプの熱処理用縦型ボートと同じ程度にすることができ、支持部は高い面精度と高い強度を保つことができる。従って、例えばシリコンウエーハを熱処理する際、本発明の熱処理用ボートを用いれば、高い生産性を保ったまま、スリップ転位や裏面キズがほとんどないアニールウエーハを低コストで量産することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0029] [図1]本発明に係る熱処理用縦型ボートの一例を示す斜視図である。
- [図2]図1の熱処理用ボートの溝形成加工前の断面図である。
- [図3]図1の熱処理用ボートの溝形成加工後の断面図である。
- [図4]熱処理用ボートの溝形成加工を説明する斜視図である。
- [図5]図1の熱処理用ボートの貫通孔形成後の断面図である。
- [図6]図5のCで囲まれた支持部の端部を拡大した斜視図である。
- [図7]本発明に係る熱処理用縦型ボートの他の例を示す断面図である。(a)溝形成加工前 (b)溝形成加工後
- [図8]縦型熱処理炉の一例を示す概略図である。
- [図9]従来の熱処理用縦型ボートの一例を示す概略図である。(a)正面図 (b)横

方向断面図(ウエーハを支持した状態)

[図10]搬送治具の例を示す概略図である。(a)すくい上げ方式 (b)吸着方式

[図11]ウエーハ周辺部支持用補助治具の例を示す斜視図である。(a)円弧状の補助治具 (b)段差を付けたリング状の補助治具

[図12]比較実験2で使用した一体型熱処理用縦型ボートの概略断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0030] 以下、好適な態様として、シリコンウエーハの熱処理の際に使用する本発明に係る熱処理用縦型ボートについて添付の図面に基づいて具体的に説明する。

図1は、本発明に係る熱処理用縦型ボートの一例の概略を示している。この熱処理用ボート10は、中空円盤状の天板1と、この天板1と対峙するように平行に配設された円盤状の底板2との間に、中心角が120°程度の円弧状の横断面を有する2本の支柱部材3, 4(本発明では、円弧状支柱部材あるいは単に支柱部材と称する場合がある)が円筒状となるように対向配置され、固定されている。この円弧状支柱部材の大きさ(中心角の大きさ)や配置については、搬送治具通過用の空間や雰囲気ガスの通過用の空間の幅を考慮して設定する。

[0031] 各支柱部材3, 4には複数の溝8が形成されることで内側に支柱部材3, 4と同じ中心角を有する円弧状の支持部6が一体的に形成されている。各溝8は支柱部材3, 4に対して直角に等間隔で形成されている。なお、図1ではボート10の中間部分における支持部6の記載は省略されている。

[0032] この熱処理用ボート10では、対向する各支柱部材3, 4の間には、垂直方向に適度な開口部(切り欠き部)9が形成されており、ウエーハを挿入する側はウエーハと接触しないように、熱処理するウエーハの直径よりも広い幅となるように溝8が形成されている。これにより、ウエーハを移載する際、搬送治具が2つの支柱部材間を干渉せずに通過することができる。

[0033] 一方、各支柱部材3, 4の円弧の略中央と、ウエーハを挿入する側の反対側には、支柱となる部分(支柱部3a, 3b, 4a, 4b)が垂直方向に形成されており、各支柱3a, 3bの間には貫通孔5が形成されている。貫通孔5は通気口として機能し、熱処理中、雰囲気ガスの流通や熱の移動が速やかに行われることになり、ウエーハ全面の均一



な処理を確実に行うことを可能とする。また、貫通孔(通気口)5は各支柱部材3, 4の各溝8と同じ高さにそれぞれ形成されているため、各支持部6には支柱部材3, 4間以外に切り欠き部は無い。従って、ウエーハは下面周縁部に沿って2つの円弧状の支持部により支持されることになり、スリップの発生を効果的に防ぐことができる。

[0034] また、支持部6のウエーハを支持する面6aの縁部は面取りされていることが好ましい。

本発明に係るボート10の円弧状の支持部6でウエーハの下面周縁部を支持しても、昇温速度や降温速度が非常に速くなるような厳しい熱処理を行った場合に、支持面6aに残留した微小な凸部で点接触が起こったり、熱処理時にウエーハが撓んだ際、特に支持部6の端部や内周の角部で点接触が発生したりして、スリップが発生することもある。

したがって、厳しい熱処理条件でもスリップの発生を確実に防止するため、支持面を研磨して滑らかにしたり、支持面の縁部を面取りし、特に図6に示されるように支持部6の端部6bや内周の角部6cを丸めて点接触が起こらないようにすることが好ましい。

[0035] また、支持部6の支持面6aは、内側に向けて下方に傾斜するように形成しておいてもよい。本発明のボート10でウエーハを下面周縁部に沿って支持する場合でも、支持部6と接する外周から数mm幅の領域に多少の裏面キズが発生するが、支持面6aを水平面ではなく、皿の縁のようにボート10の内側に下方に傾斜したテーパを付けて形成しておき、ウエーハをエッジ部のみ、あるいはエッジ部近傍で支持するようにすることで、裏面キズをより低減することができる。

[0036] このような本発明に係る熱処理用ボート10であれば、支柱部材3, 4に円弧状の支持部6が一体的に形成されているため、円弧状補助治具等を別途使用しなくてもウエーハの下面周縁部に沿って広く支持することができる。また、各支柱部3a, 3b, 4a, 4bと支持部6とが一体となって固定しているため、支持部6は高い面精度と高い強度を保つことができる。また、溝ピッチは一般的なショートフィンガータイプの熱処理用ボートと同程度にすることができ、バッチ熱処理枚数が減少することもない。

また、補助治具が不要である上、円弧状の支柱部材3, 4を組み合わせたものであ

るため、1つの円筒部材に縦横の溝を形成して製造する場合に比べて材料費等、製造コストが低くなり、安価なものとなる。

[0037] なお、上記のように対向配置する支柱部材3、4としては、より狭いあるいはより広い中心角を有するものでも良く、例えば $60^\circ$ 以上 $170^\circ$ 以下の円弧状の支持部6が形成されているものが好適である。ただし、円弧状の支持部はできるだけ大きい方がウエーハの荷重が分散されてスリップの発生を抑制することができる。また、すくい上げ方式のウエーハ搬送治具31を用いる場合には、対向する切り欠き部が2箇所必要であるが、上記のように2本の支柱部材を対向配置させることで、ウエーハの移送を容易に行うことができるという利点もある。なお、吸着方式の搬送治具も使用できることは言うまでも無い。

[0038] このような熱処理用ボート10の製造方法は特に限定されるものではないが、例えば以下のような方法により比較的容易に製造することができる。

図2一図5は、熱処理用ボート10の製造方法の一例を示している。

まず、天板1と底板2のほか、支柱部材3、4として、図2に示されるような円弧状の横断面を有し、その外周半径が、天板1、底板2の半径と略同じで、熱処理するウエーハの半径よりも大きく、一方、その内周半径はウエーハの半径よりも小さい支柱部材3、4を作製する。円弧の中心角 $\theta$ は、ウエーハ搬送治具の形状等を考慮して決めれば良く、例えば、ウエーハの下面を治具ですくい上げて搬送する場合には、中心角 $\theta$ が $120^\circ$ 程度の円弧状の横断面を有する支柱部材3、4とすれば良い。

[0039] これらの天板1、底板2、及び円弧状支柱部材3、4自体の作製方法は特に限定されないが、シリコンウエーハの熱処理用ボート10の場合には、素材として、例えば石英ガラス、単結晶シリコン、多結晶シリコン等を用いることでウエーハの汚染を防ぐことができ、特に炭化珪素(SiC)等のセラミックス材料をベースとしたものであれば、汚染の防止のほか、耐熱性にも極めて優れるため好ましい。

なお、支柱部材に関しては、上記のような中心角が $120^\circ$ 程度のものであれば、例えば成形した2つの円筒をそれぞれ垂直に3等分することで3組(熱処理用ボート3つ分)の支柱部材3、4を得ることができ、材料コストを低く抑えることができる。

[0040] 次に、作製した2つの円弧状支柱部材3、4を、天板1と底板2との間に、図2のよう

に横断面の円弧が互いに向き合って円筒状となるように対向配置し、それぞれ天板1と底板2に固定する。固定手段は特に限定されず、例えばバインダーによる接着、嵌め込み、ネジ止め等いずれの方法でも良い。

[0041] 天板1と底板2との間に円弧状支柱部材3, 4を固定した後、支柱部材3, 4に対し、ウェーハを挿入すべき方向から切削して溝8を形成するとともに内側に円弧状の支持部6を形成する。このような溝加工には、支柱部材3, 4の外周半径より小さく、熱処理するウェーハの半径よりも大きい円盤状の円周刃(ダイヤモンドカッター)30を装着した溝切り加工機を好適に用いることができる。溝8を形成する際は、2つの支柱部材間の切り欠き部からポート10の中心軸Gに向けて切削し、ポート10と円周刃30の中心軸が一致するまで溝8を切り込む。これにより、図3の横断面図及び図4の斜視図に示されるように、各支柱部材3, 4に溝8が形成され、円周刃30を挿入した側にはウェーハの直径よりも横幅が広い溝8が形成されるとともに、各支柱部材3, 4の内側にはウェーハの直径よりも内径は小さく、外径は大きい円弧状の支持部6が形成される。

[0042] 各支柱部材3, 4に対し、上記のようにして所定の高さに溝8を形成した後、他の方向からも同じ高さから切削して貫通させる。例えば、図5に示されるように、小さめの半径を有する円周刃で各支柱部材3, 4の外周側から切削して貫通孔5を形成し、支柱となる部分(支柱部)3a, 3b, 4a, 4bをそれぞれ残すようにする。このように各溝8と同じ高さに貫通孔5を形成しておけば、前述したように、熱処理中、雰囲気ガスの流通を促す通気口として作用し、熱の移動も促されるため、ウェーハに対し、均一な熱処理を施すことができる。また、上記のように貫通孔5を個々に形成すれば、各支持部6を断絶することなく各溝8と同じ高さに通気口5を形成することができる。

[0043] このような貫通孔(通気口)の形状は特に限定されず、溝8と同じ高さに円形状、方形状のものとしても良いが、上記のようにウェーハを挿入する方向から形成した溝8と同じ高さ位置に、別の方向からも溝切りを行って貫通させることで、幅の広い貫通孔5を簡便に形成することができる。

[0044] なお、上記のように溝8や貫通孔5を形成する手法としては、ダイヤモンドカッターの円周刃30を用いた溝切り加工機に限らず、同様の精度で同様に加工できるのであ

れば、レーザー加工機、高圧ジェット流、旋盤などの手法を用いても良い。

[0045] また、支持部6の端部からのスリップ発生を効果的に抑えるため、熱処理時にウェーハが撓んだ際に点接触が起こらないよう、図6に示したように支持部6の支持面側の端部6bや内側の角部6c等に面取り加工を施して丸めることが有効である。このような面取り加工を施すことで、スリップの発生をより効果的に防ぐことができる。

[0046] さらに、図7(a)(b)は本発明に係る熱処理用ボートの別の製造方法を示す図である。

まず、図7(a)の横断面図に示されるように、円弧状の横断面を有し、外側(外周面)には梁が形成されている支柱部材43, 44を作製する。各支柱部材43, 44は、それぞれ円弧の略中央と一端において部材の長手方向に2つの梁49a, 49bが形成されており、梁49a, 49bとなる出っ張りの外周半径は天板1、底板2の半径と略同じとなるようにし、梁以外の部分の外周半径は、天板1等の半径よりも小さく、かつウェーハの半径よりも大きくする。

[0047] このような形状の支柱部材43, 44を天板1と底板2の間に対向配置して円筒状に固定する。次いで、各支柱部材43, 44に対し、半径が支柱部材43, 44の内周半径よりも大きく、かつ梁49a, 49bとなる部分の外周半径よりも小さい円周刃を用い、図7(b)のように、ウェーハを挿入すべき方向から切削して溝を形成する。特に、円周刃の大きさは支柱部材43, 44の梁49a, 49bを除いた外周半径と同じかそれよりやや大きく(梁49a, 49bとの境界部分まで切削できる大きさに)設定することが好ましい。このようにして、各支柱部材43, 44の内側には円弧状の支持部が形成され、梁以外の部分を貫通させる。

[0048] このような1回の溝切り加工を行うことで、同じ素材から支柱部43a, 43b, 44a, 44bと一体化されている円弧状の支持部46と、貫通孔45とを同時に形成することができる。すなわち、削られなかった梁49a, 49bの部分がボート全体を支える支柱の役割を果たし、支柱部材43, 44に溝を形成して残った内側部分が特に支持領域の広い円弧状のウェーハ支持部46となる。また、各支柱部43a, 43b, 44a, 44bの間に形成された貫通孔45は通気口として機能する。

そして、この場合も貫通孔(通気口)45は各溝と同じ高さにそれぞれ形成され、各

支柱部材43, 44の支持部46が断絶されることはないため、ウェーハを下面周縁部に沿って2つの円弧状の支持部により支持することができる。

[0049] 以上、本発明に係る熱処理用ボートとその製造方法の例を説明したが、本発明はこれらの形態に限定されるものではない。

例えば、中心角が $20^{\circ}$  以上 $100^{\circ}$  以下の支柱部材を3本以上用い、これらを天板1と底板2の間に円筒状に配置し、上記と同様の方法で各支柱部材の内側にそれぞれ円弧状の支持部を形成しても良い。このような中心角が比較的小さい円弧状支柱部材を所定の間隔を設けて3つ以上配置すれば、支柱部材間の切り欠きも増えるため通気性が向上し、また、中心角が比較的小さい支柱部材は作製し易いという利点がある。

[0050] 以下、本発明の実施例及び比較例について説明する。

(実施例1)

熱処理用縦型ボートの製造

支柱となる部材として、横断面の形状が、外側半径165mm、内側半径147mm、中心角 $120^{\circ}$  の円弧状であり、長さが930mmの炭化珪素(SiC)部材を2本作製した。そして、長手方向の端面の内周側の角部(図6の6cに相当する)はR25にて面取りを行った。

天板となる部材としては、外径(直径)330mm、内径(直径)270mm、厚さ4mmの中空円盤を、また、底板となる部材としては、(直径)330mm、厚さ5mmの円盤を、それぞれSiCにて作製した。

[0051] このような天板と底板との間に、上記円弧状の2本の支柱部材を、炭素系のバインダーで接着することにより固定した。このとき、図2のように各支柱部材の外周と天板／底板の外周とを一致させ、各支柱部材の向き合う一端とボートの中心軸Gとが成す角度Aが $60^{\circ}$  になるように配置した。

続いて、一体化させた各部材を構成するSiCの粒界にSiを含浸させるため、熔融Siに浸漬させた。

[0052] 溝の形成には、直径303mmのダイヤモンドカッターの円周刃を装着した溝切り加

工機を用いた。

まず、溝切り加工機に、上記一体化した支柱部材を、図3に示されるように円周刃の進入方向と、ボートの中心軸Gと、支柱部材の一端部aとが成す角 $A/2$ が $30^\circ$ になるようにセットした。そして、溝の鉛直方向の幅を6.6mm、溝間に形成される支持部の厚さを3.0mm、溝数を95個に設定し、円周刃の中心がボートの中心軸Gと一致するまで円周刃を挿入することにより、各支柱部材に対し溝を形成するとともに内側に円弧状の支持部を形成した。このような作業により、図4のように各溝を順次形成した。

[0053] 引き続き、図5のように、円周刃進入方向と、ボート中心軸Gと、支柱部材の一端aとのなす角Bが $85^\circ$ になるように上記一体化した部材を溝切り加工機に固定した。なお、ここでは直径200mmの円周刃を用い、支柱部材に対し、ウェーハを挿入すべき方向から先に形成した溝と同じ高さから切削して貫通させた。このようにして2本の支柱部材に対し、横幅が70mmの貫通孔(通気口)をそれぞれ95個形成した。

[0054] 上記のように溝を形成した後、各支持部の支持面の縁部に面取り加工を施し、特に支持部における支持面と端面とが交差する角部(図6の6b)は、R15の面取りを行った。

[0055] 上記のような一連の加工によりボート形状としたものに酸洗浄を行った後、約 $100\mu\text{m}$ のSiC-CVDコート膜を形成した。このSiC-CVDコート膜の表面はRaが $1\mu\text{m}$ 程度あり、微小な凸面で起こる点接触によりスリップが発生するおそれがあるため、支持面についてはRaが約 $0.03\mu\text{m}$ になるまで研磨により平滑化を行った。

#### [0056] (実施例2)

##### 熱処理用縦型ボートの製造

支柱部材として、断面形状が外側半径154mm、内側半径147mm、中心角 $120^\circ$ の円弧状であり、長さが930mmの炭化珪素(SiC)部材を2本作製した。なお、各部材の外側(外周面)には、図7(a)のように外側半径が165mmの梁となる凸部が、2ヶ所(円弧の一端と略中央)で長手方向に形成されており、外周面の一端に位置した梁は中心角が $15^\circ$ の幅、中央付近の梁は中心角が $20^\circ$ の幅をそれぞれ持って

いる。

[0057] このように作製した2本の支柱部材を、外径330mm、内径270mm、厚さ4mmのSiC製中空円盤である天板と、直径330mm、厚さ5mmのSiC製円盤である底板との間に円筒状に対向配置し、バインダーを用いて固定した。このとき、図7(a)のように各支柱部材の梁の部分の外周と天板／底板の外周とを一致させ、各支柱部材の向き合う一端をそれぞれボートの中心軸Gと結んだときにできる角度Aが $60^\circ$ になるように位置を合わせた。続いて、一体化させた部材を熔融Siに浸漬させ、SiCの粒界にSiを含浸させた。

[0058] 溝の形成には、直径310mmのダイヤモンドカッターの円周刃を装着した溝切り加工機を用いた。上記のように一体化した部材を、円周刃進入方向と、ボート中心軸Gと、支柱部材の一端aとの成す角度 $A/2$ が $30^\circ$ になるように溝切り加工機にセットし、溝の鉛直方向の幅を6.6mm、溝間に形成される支持部の厚さを3.0mm、溝数を95に設定した。そして、円周刃の中心がボート中心軸Gと一致するまで円周刃を挿入し、図7(b)のように溝を形成するとともに、内側にはウェーハ支持部を、さらに各部材の梁の間に貫通孔(通気口)を形成した。

また、支持部における支持面と端面とが交差する角部はR15の面取りを行った。

[0059] 上記一連の加工によりボート形状とした後、酸洗浄を行い、約 $100\mu\text{m}$ のSiC-CVDコート膜を形成し、支持面をRaが約 $0.03\mu\text{m}$ になるまで研磨により平滑化した。

[0060] (実験)

シリコンウェーハの熱処理

熱処理するウェーハとして、直径300mm、厚さ $779\mu\text{m}$ の鏡面研磨されたシリコンウェーハを用意した。

熱処理用ボートには、実施例1で製造した図1に示されるような円弧状の支持部を有する熱処理用縦型ボート10を用いた。

[0061] このボートに、ウェーハの下面周縁部が円弧状の支持面に均等に接触するように95枚のウェーハを載置し、図8に示すような熱処理炉内に搬入した。そして、炉内で、アルゴン雰囲気中、 $1200^\circ\text{C}$ 、1時間の熱処理を行った。

[0062] 熱処理後、熱処理炉からボートを搬出し、上から10枚と下から10枚のウエーハを除く75枚のウエーハに対し、目視及びX線Lang法にてスリップ転位の発生状況を確認した。

その結果、目視及びX線Lang法のどちらでもスリップ転位は全く観察されなかった。

[0063] (比較実験1)

図9に示したような一般的な熱処理用縦型ボート(ショートフィンガータイプ)を用いて、上記実験と同様にしてシリコンウエーハの熱処理を行った。

熱処理後、目視及びX線Lang法にてスリップ転位の発生状況を観察したところ、目視によってもスリップ転位の発生をはっきり認識できるウエーハが多く存在し、X線Lang法で評価したスリップ転位発生率は90%以上となり、ほとんどのウエーハでスリップ転位が確認された。

[0064] (比較実験2)

図12の概略断面図に示されるように、ボート本体となる1本の円筒に対し、垂直方向(軸方向)に縦溝34、35を形成することにより、上下方向に沿って一定幅の搬送治具通過用と雰囲気ガス通気用の開口部(切り欠き部)34、35をそれぞれ設けた一体型の熱処理用縦型ボート33を用い、上記実験と同様にしてシリコンウエーハWの熱処理を行った。

熱処理後、目視及びX線Lang法にてスリップ転位の発生状況を観察したところ、目視によってもスリップ転位の発生が確認できるものがあり、また、X線Lang法で評価した場合、スリップ転位発生率はほぼ30%であった。スリップ転位発生率は比較実験1の場合より低かったものの、搬送治具通過用の縦溝34のほか上下方向に沿って形成したガス通気用の縦溝35によりウエーハ支持部36に複数箇所の断絶部分が存在するためにスリップの発生が促進されたものと考えられる。

[0065] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単な



る例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

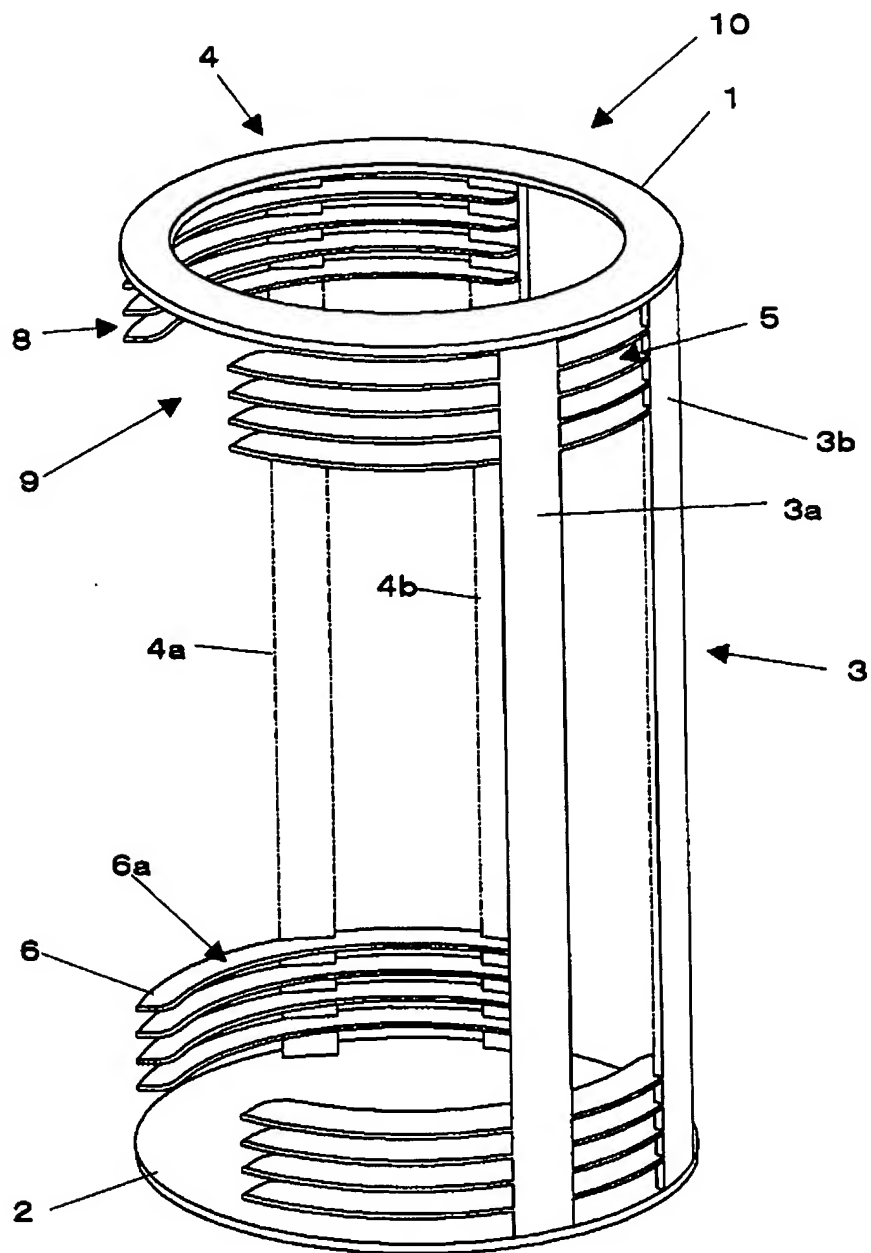
- [0066] 例えば、円弧状支柱部材の数や中心角の大きさは上記のものに限定されず、ウェーハ搬送治具の形状等を考慮して適宜決めれば良い。また、円弧状支柱部材はそれぞれ中心角が異なるものを組み合わせても良いし、支柱部材間の間隔はそれぞれ異なっても良い。

## 請求の範囲

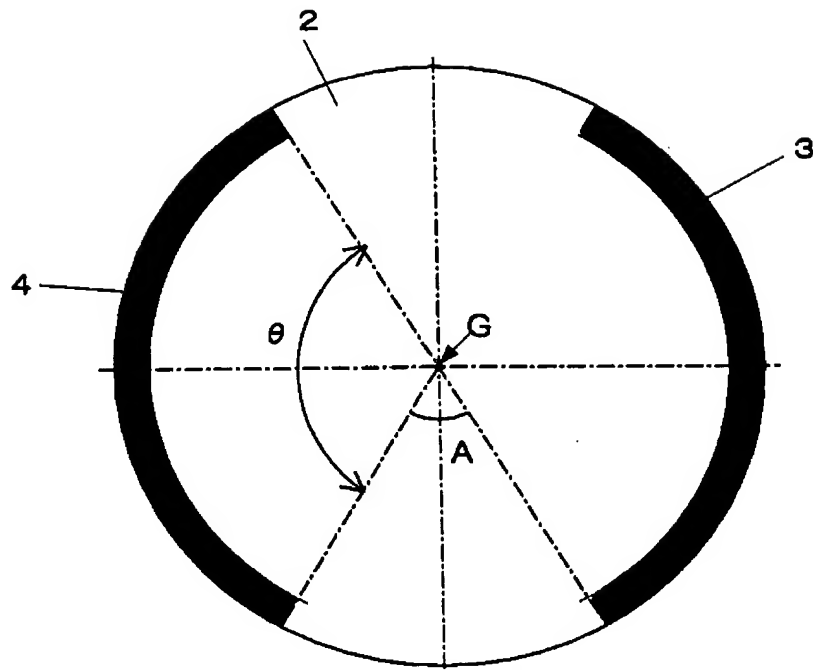
- [1] 天板と、底板と、該天板と底板の間に固定された支柱部材とを有し、該支柱部材に複数の溝が形成され、各溝間にウェーハ状の被処理体を水平に支持するための支持部が形成されている熱処理用縦型ボートであって、前記支柱部材として、円弧状の横断面を有し、前記溝が形成されることで内側に円弧状の支持部が一体的に形成されている支柱部材が2本以上円筒状に配置されており、前記ウェーハ状の被処理体が、前記支柱部材の溝から挿入されて円弧状の各支持部により下面周縁部に沿って支持されるものであることを特徴とする熱処理用縦型ボート。
- [2] 前記支柱部材として、中心角が $60^{\circ}$  以上 $170^{\circ}$  以下の円弧状の支持部が形成されている2本の支柱部材が対向配置されているものであることを特徴とする請求項1に記載の熱処理用縦型ボート。
- [3] 前記支柱部材として、中心角が $20^{\circ}$  以上 $100^{\circ}$  以下の円弧状の支持部が形成されている3本以上の支柱部材が配置されているものであることを特徴とする請求項1に記載の熱処理用縦型ボート。
- [4] 前記支柱部材に、前記各溝と同じ高さにそれぞれ通気口が設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボート。
- [5] 前記熱処理用縦型ボートが、シリコンウェーハの熱処理用のものであることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボート。
- [6] 前記支持部の支持面の縁部が、面取りされていることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボート。
- [7] 前記支持部の支持面が、内側に向けて下方に傾斜していることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボート。

- [8] 天板と、底板と、該天板と底板の間に固定された支柱部材とを有し、ウェーハ状の被処理体を水平に支持するための熱処理用縦型ボートを製造する方法において、円弧状の横断面を有し、前記被処理体の半径よりも外周半径が大きく、かつ内周半径が小さい支柱部材を作製する工程と、該支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、各支柱部材に対し溝を形成するとともに内側に前記被処理体を下面周縁部に沿って支持するための円弧状の支持部を形成する工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法。
- [9] 前記請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボートを製造する方法であって、前記円弧状の横断面を有する支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、前記支柱部材に対し、前記被処理体を挿入すべき方向から切削して前記溝を形成するとともに内側に前記円弧状の支持部を形成する工程と、前記支柱部材に対し、他の方向からも同じ高さから切削して貫通させる工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法。
- [10] 前記請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の熱処理用縦型ボートを製造する方法であって、前記円弧状の横断面を有し、外側には梁が形成されている支柱部材を作製する工程と、該支柱部材を2本以上用いて前記天板と底板の間に円筒状に配置して固定する工程と、各支柱部材に対し、半径が前記支柱部材の内周半径よりも大きく、かつ前記梁となる部分の外周半径よりも小さい円周刃を用い、前記被処理体を挿入すべき方向から切削して溝を形成するとともに内側に前記円弧状の支持部を形成し、さらに前記梁以外の部分を貫通させる工程とを含むことを特徴とする熱処理用縦型ボートの製造方法。

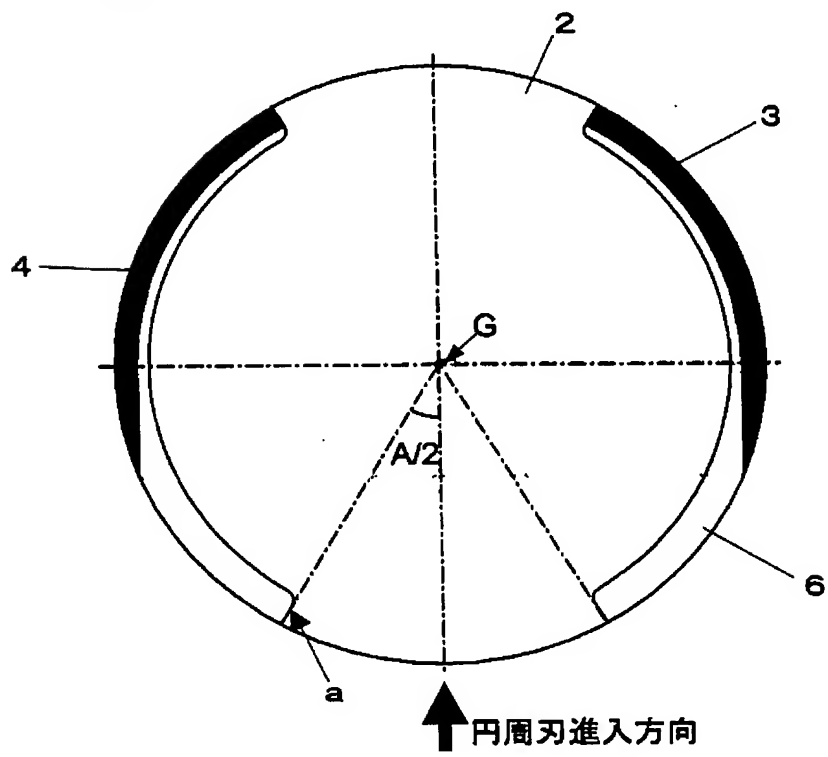
[図1]



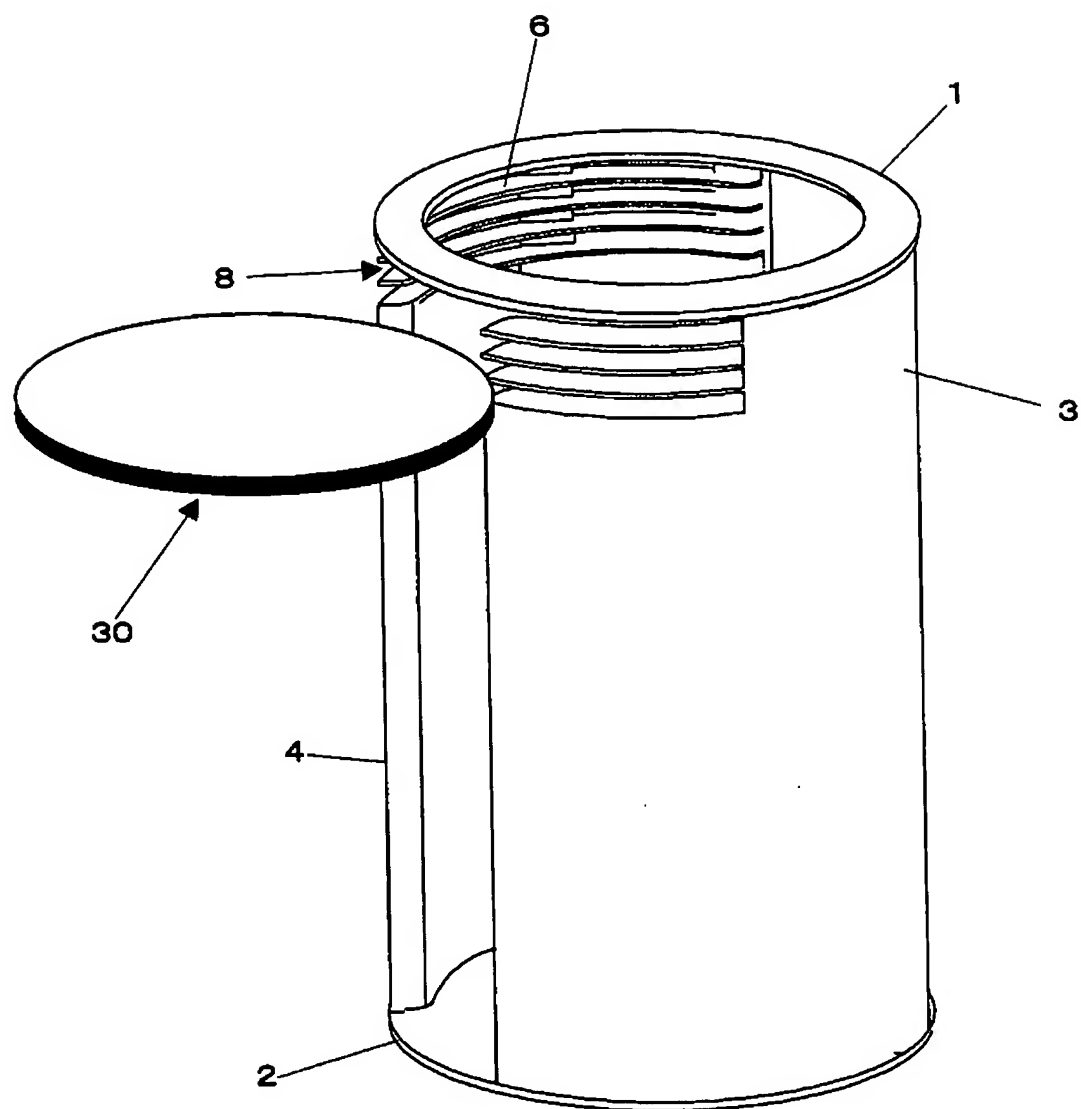
[図2]



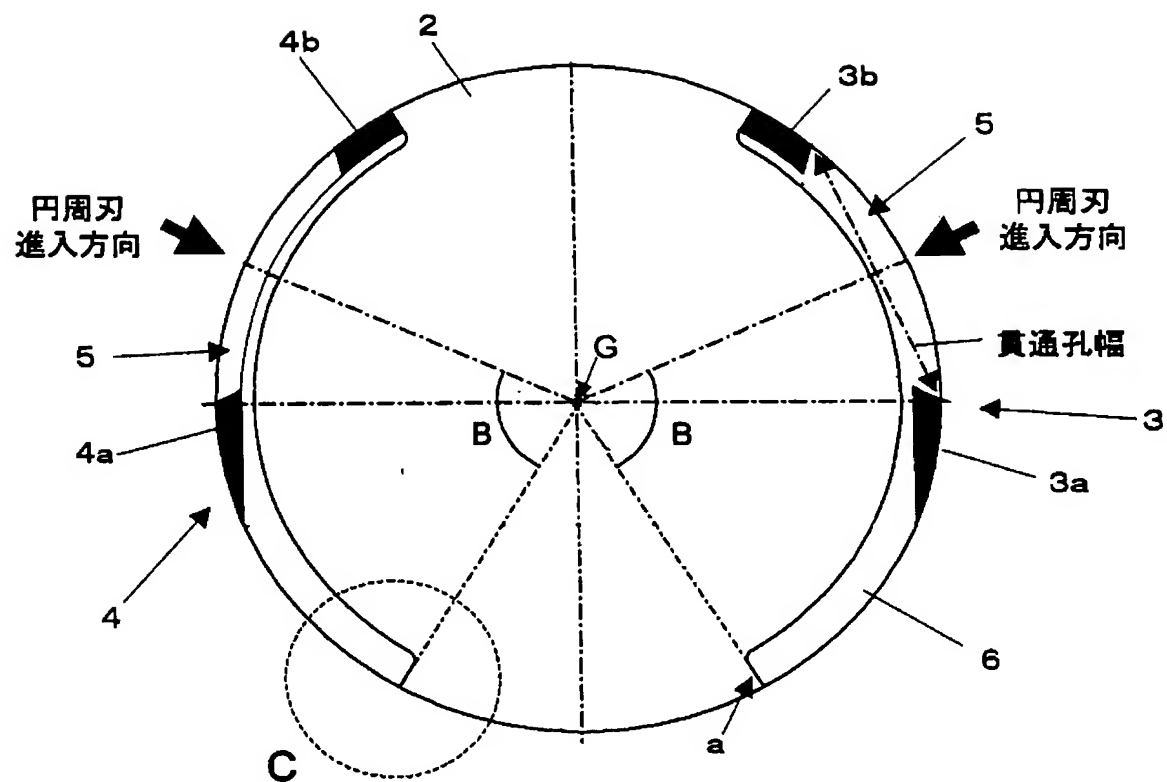
[図3]



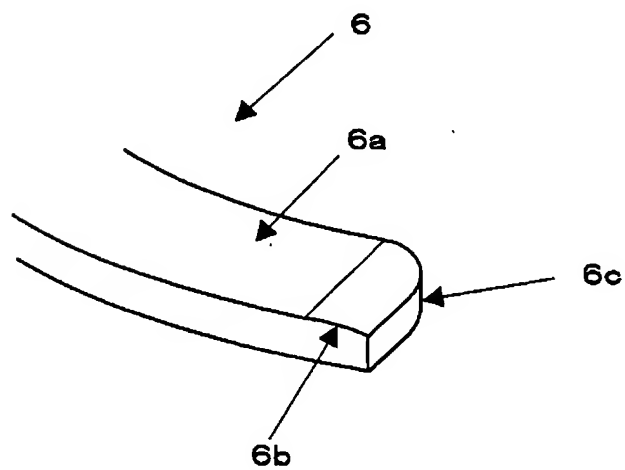
[図4]



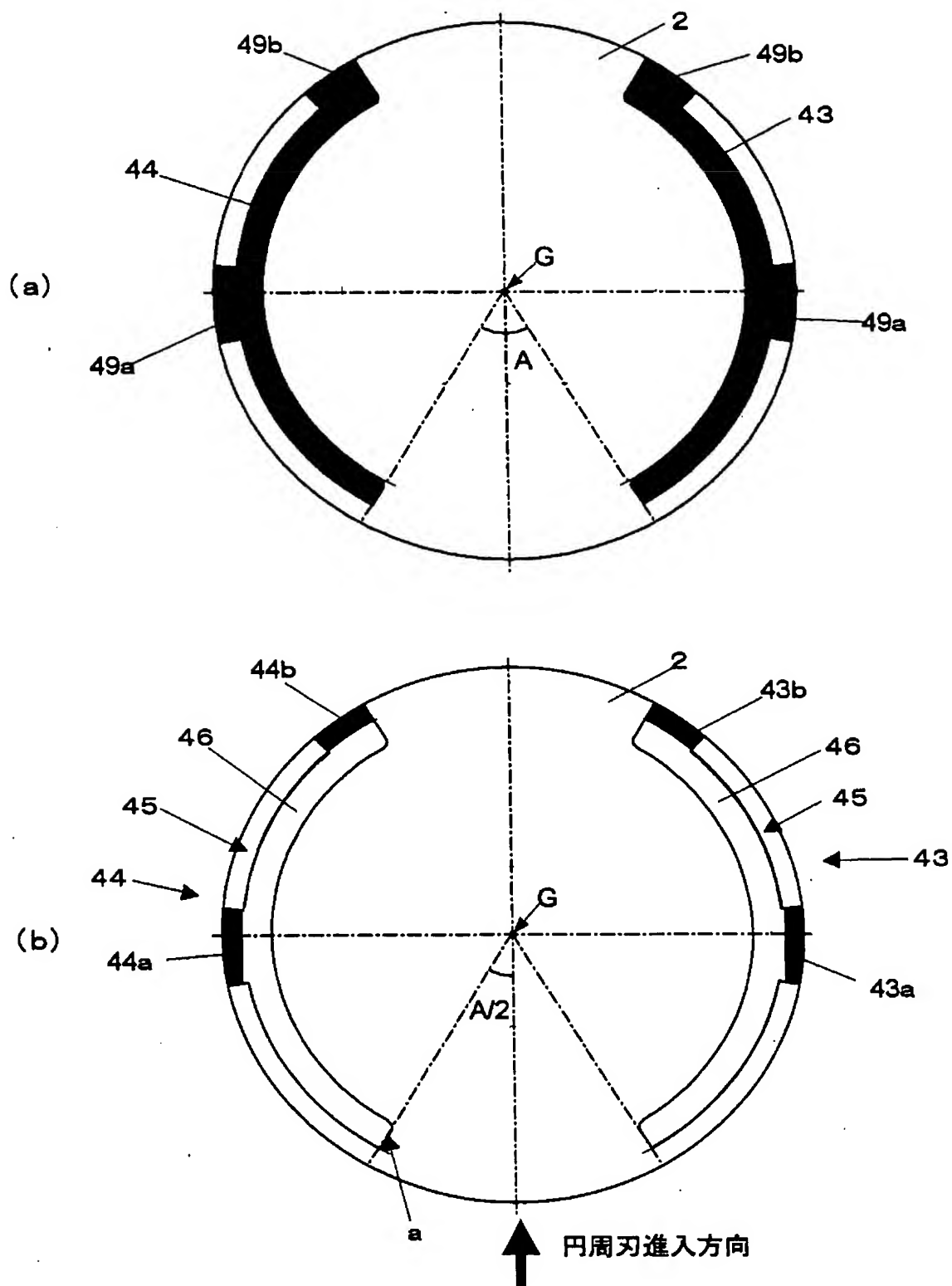
[図5]



[図6]

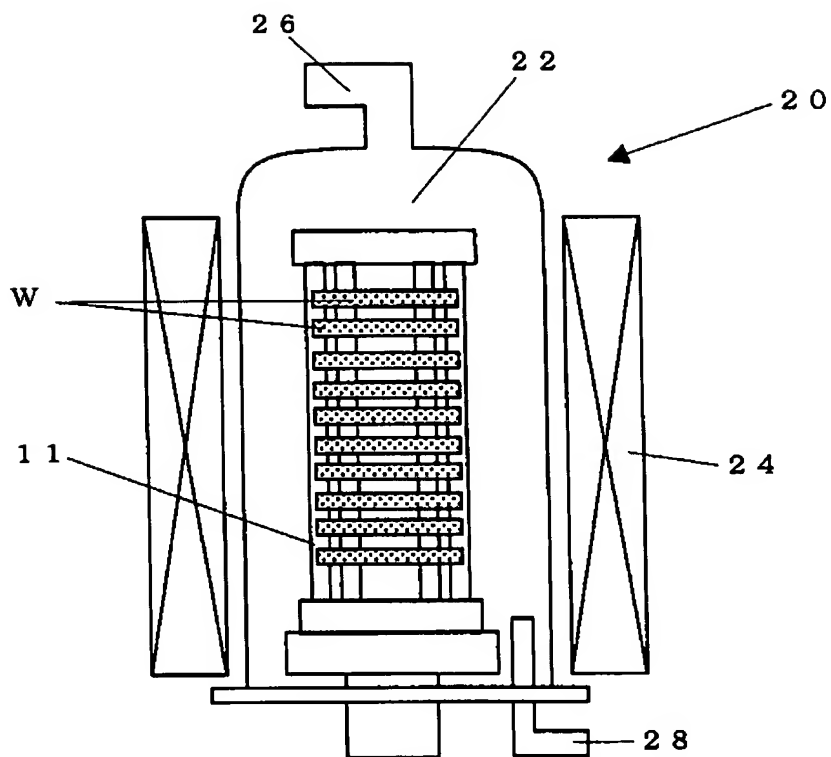


[図7]

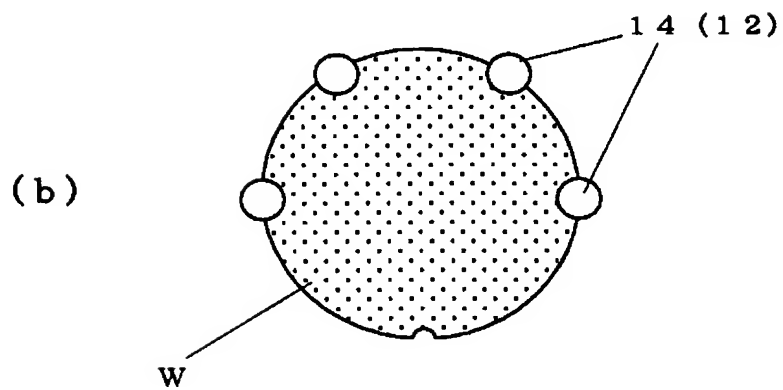
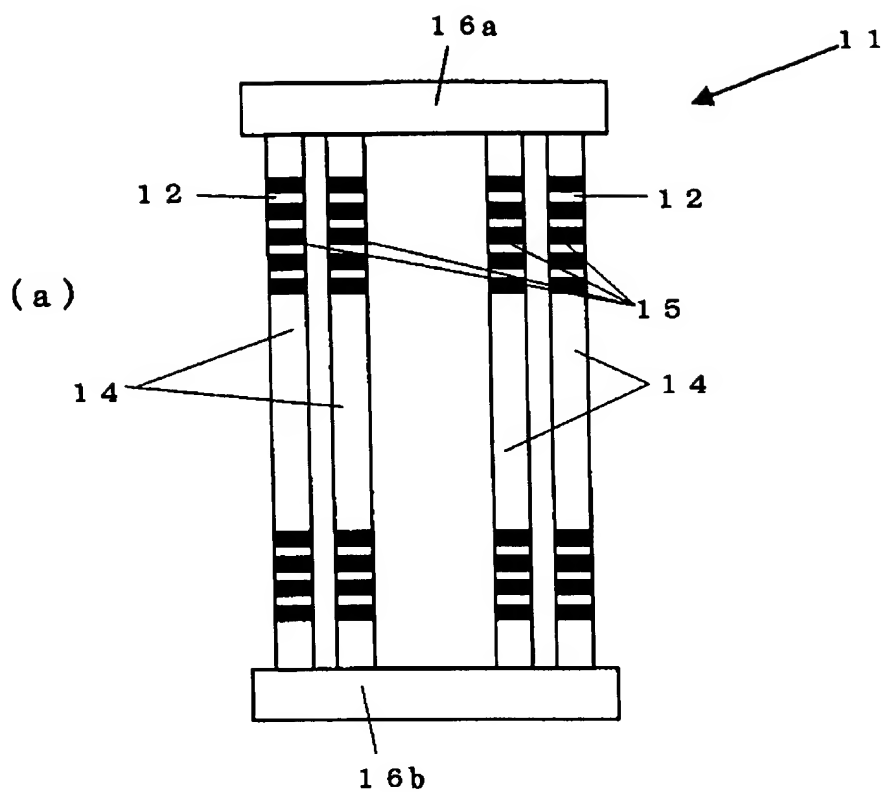




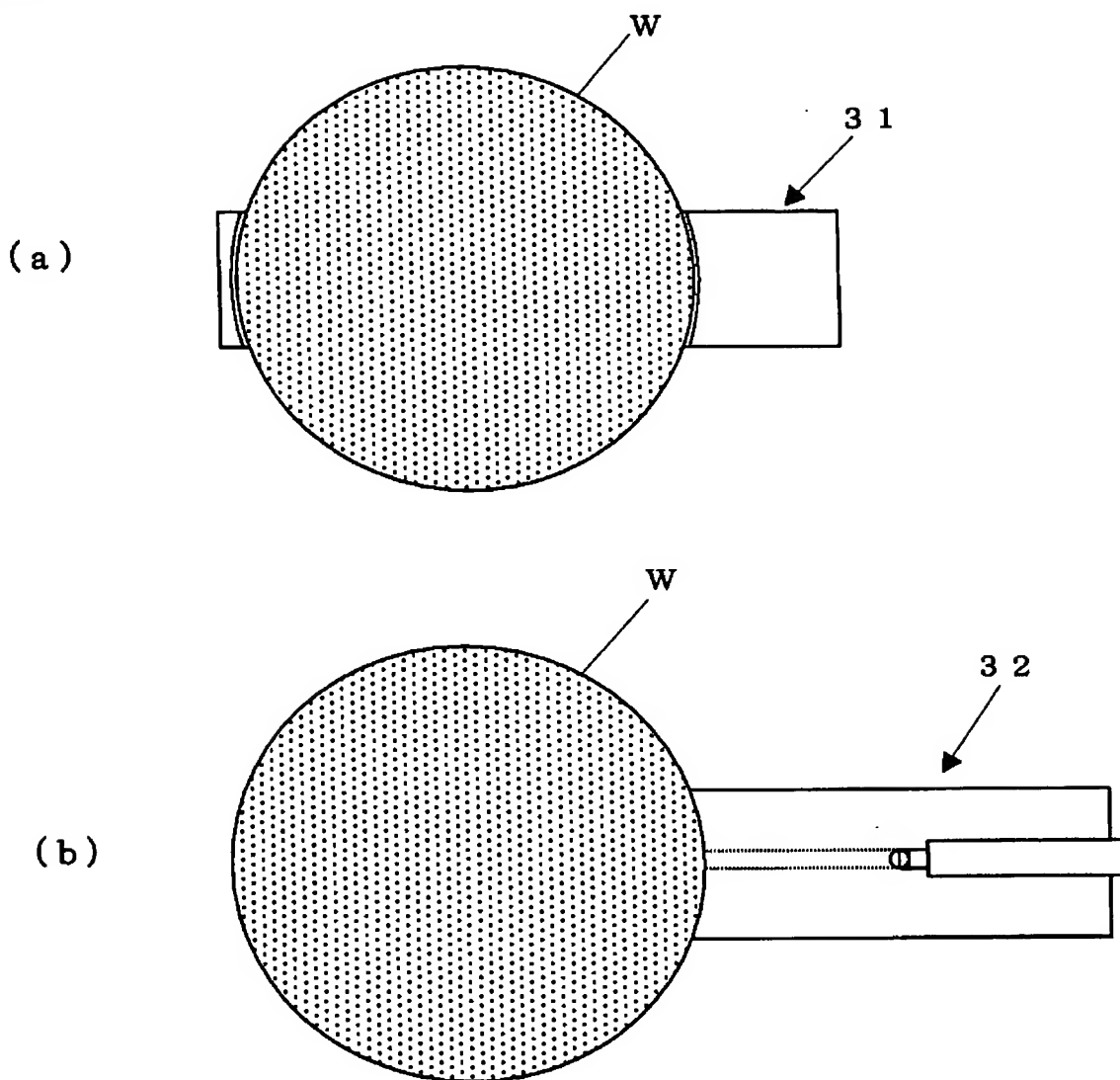
[図8]



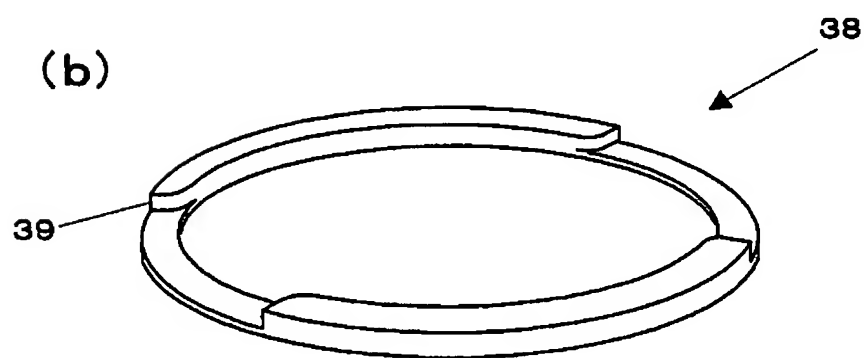
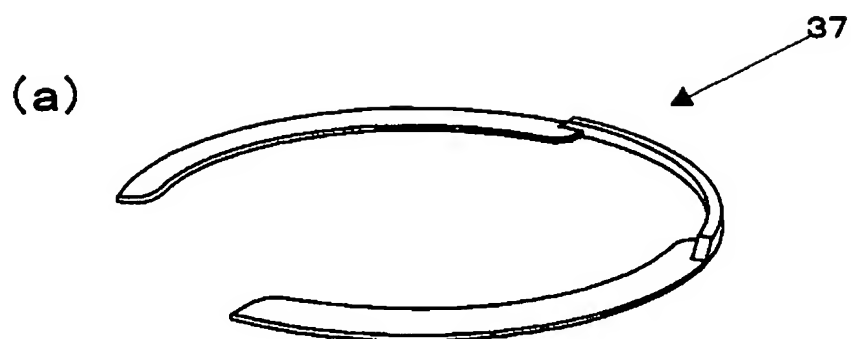
[図9]



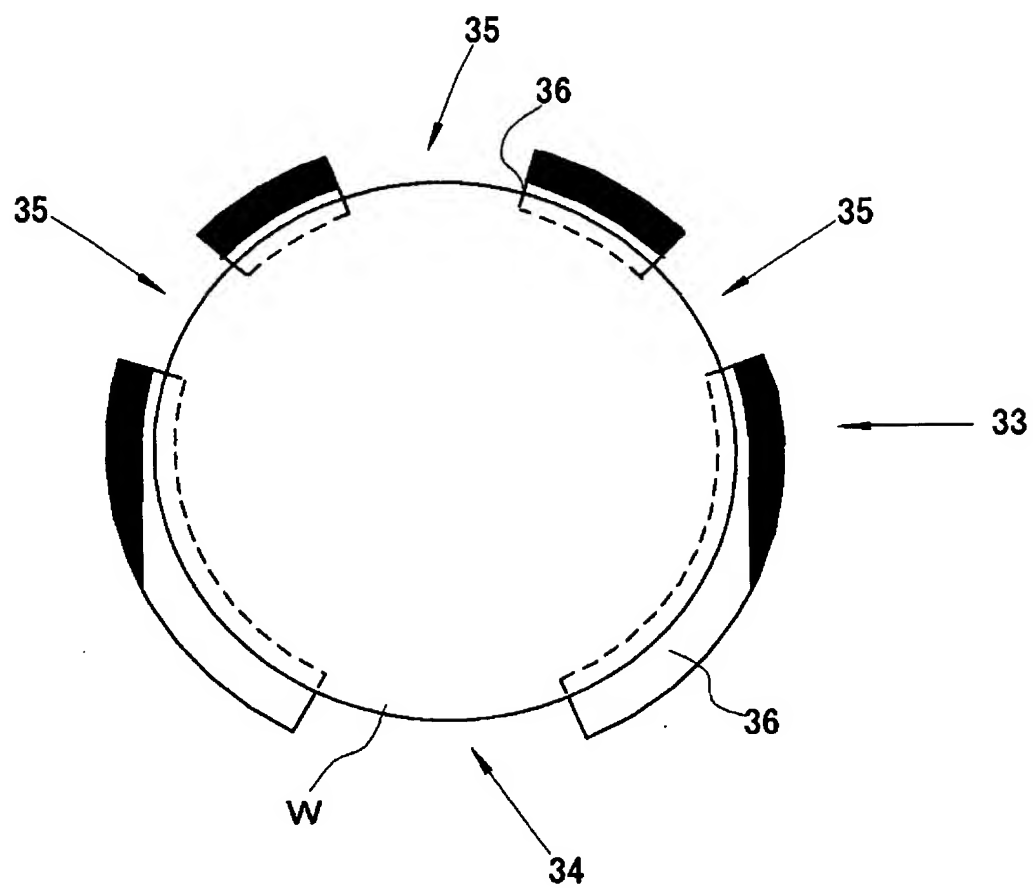
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009960

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/324, H01L21/22, H01L21/68

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/324, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2004 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2004 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2004 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.             |
|-------------|--|-----------------------------------|
| X<br>Y<br>A | JP 10-22228 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.),<br>23 January, 1998 (23.01.98),<br>Par. Nos. [0016] to [0021]; Figs. 1(a), (b)<br>Par. Nos. [0016] to [0021]; Figs. 1(a), (b)<br>Par. Nos. [0016] to [0021]; Figs. 1(a), (b)<br>(Family: none)                            | 1, 5, 8<br>2, 3, 6, 7<br>4, 9, 10 |
| X<br>Y<br>A | JP 6-168903 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.),<br>14 June, 1994 (14.06.94),<br>Par. Nos. [0012] to [0022]; Figs. 2, 3<br>Par. Nos. [0012] to [0022]; Figs. 2, 3<br>Par. Nos. [0012] to [0022]; Figs. 2, 3<br>& US 5507873 A & DE 4340287 A1<br>& GB 2273551 B & KR 9708357 B1 | 1, 5<br>2, 3, 6-8<br>4, 9, 10     |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
06 October, 2004 (06.10.04)Date of mailing of the international search report  
26 October, 2004 (26.10.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009960

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y<br>A    | JP 9-106956 A (Kokusai Electric Co., Ltd.),<br>22 April, 1997 (22.04.97),<br>Par. Nos. [0044] to [0054]; Figs. 1, 2(F)<br>Par. Nos. [0044] to [0054]; Figs. 1, 2(F)<br>(Family: none) | 1,2,5-8<br>3,4,9,10   |
| Y         | JP 9-251961 A (Toshiba Corp.),<br>22 September, 1997 (22.09.97),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)   | 6,7                   |
| Y         | JP 2001-176811 A (Kabushiki Kaisha Tekunisuko),<br>29 June, 2001 (29.06.01),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)   | 6                     |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L21/324, H01L21/22, H01L21/68

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L21/324, H01L21/22, H01L21/31, H01L21/68

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2004年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2004年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2004年 |

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号                  |
|-----------------|---|-----------------------------------|
| X<br>Y<br>A     | JP 10-22228 A(住友金属工業株式会社)1998. 01. 23,<br>段落【0016】～【0021】, 図1(a), (b)<br>段落【0016】～【0021】, 図1(a), (b)<br>段落【0016】～【0021】, 図1(a), (b) (ファミリーなし).  | 1, 5, 8<br>2, 3, 6, 7<br>4, 9, 10 |
| X<br>Y<br>A     | JP 6-168903 A(東芝セラミックス株式会社)1994. 06. 14,<br>段落【0012】～【0022】, 図2, 3<br>段落【0012】～【0022】, 図2, 3<br>段落【0012】～【0022】, 図2, 3 & US 5507873 A<br>& DE 4340287 A1 & GB 2273551 B & KR 9708357 B1 | 1, 5<br>2, 3, 6-8<br>4, 9, 10     |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 10. 2004

国際調査報告の発送日

26.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

綿引 隆

4M

2934

電話番号 03-3581-1101 内線 3460



| C (続き) . . . 関連すると認められる文献 |  |                          |
|---------------------------|--|--------------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*           | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号         |
| Y<br>A                    | JP 9-106956 A(国際電気株式会社)1997. 04. 22,<br>段落【0044】～【0054】 , 図1、図2 (F)<br>段落【0044】～【0054】 , 図1、図2 (F) (ファミリーなし) | 1, 2, 5-8<br>3, 4, 9, 10 |
| Y                         | JP 9-251961 A(株式会社東芝)1997. 09. 22,<br>全文, 全図 (ファミリーなし)   | 6, 7                     |
| Y                         | JP 2001-176811 A(株式会社テクニスコ)2001. 06. 29,<br>全文, 全図 (ファミリーなし)   | 6                        |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**